

Analisis Perbedaan Pola Sinyal EEG Berdasarkan Jenis Kelamin Yang Berbeda Saat *Numerical Stroop Task*

Riswandha Latu Dimas^{*1}, Catur Atmaji²

¹Prodi Elektronika dan Instrumentasi, DIKE, FMIPA UGM, Yogyakarta, Indonesia

²Departemen Ilmu Komputer dan Elektronika, FMIPA UGM, Yogyakarta, Indonesia

e-mail: riswandha.latu.d@mail.ugm.ac.id, catur_atmaji@ugm.ac.id

Abstrak

Proses kognitif menunjukkan bagaimana otak bekerja mulai dari proses penerimaan rangsangan hingga menanggapi rangsangan yang diberikan. Dengan menggunakan perangkat electroencephalogram (EEG), proses ini dapat diamati dalam bentuk sinyal otak atau sinyal EEG. Macam atau jenis rangsangan yang diberikan memiliki pengaruh terhadap sinyal otak yang dihasilkan. Selain itu adanya gangguan atau interferensi pada saat proses kognitif juga memiliki pengaruh terhadap sinyal otak. Pada penelitian ini, dilakukan pengamatan apakah jenis kelamin memiliki pengaruh terhadap proses kognitif yang terjadi. Uji numerical stroop task dengan 3 macam kondisi (kongruen, inkongruen, dan netral) digunakan sebagai acuan untuk proses pengamatan sinyal EEG yang dihasilkan saat proses kognitif antar jenis kelamin dilakukan. Sinyal EEG yang dihasilkan kemudian dilakukan 3 macam proses analisis yaitu analisis Event Related Potential (ERP), waktu tanggap dan energi. Hasil analisis ERP menunjukkan kedua kelas subjek memiliki perbedaan waktu respon yang ditunjukkan dengan waktu kemunculan P3. Secara rata-rata, waktu tanggap kelas subjek perempuan (kongruen = 623,34 ms; inkongruen = 645,18 ms ; netral = 614,91 ms) lebih cepat dibandingkan dengan subjek laki-laki (kongruen = 709,67 ms; inkongruen = 745,00 ms; netral = 715,37 ms). Analisis energi menunjukkan pada saat proses uji numerical stroop task berlangsung, bagian otak sebelah kiri (51,36%) dan bagian central (50,65%) lebih dominan dibandingkan bagian lainnya.

Kata kunci— EEG, ERP, Stroop Task , Numerical Stroop Task

Abstract

Cognitive process show how brain work from stimulus reception until stimulus reaction. With electroencephalogram (EEG) device, cognate process can be observed in brain signal or EEG signal form. In cognitive process different kind of stimulus could affect generated brain signal. Also, given interference in cognitive process could affect brain signal. In this research, conducted observation whether gender difference has effect in cognitive process. Numerical stroop task with three kinds of conditions (congruence, incongruence, and neutral) are used as reference in signal observation process which is generated when the cognitive process in difference genders are done. The resulting EEG signal then conducted three kinds of analysis that is ERP analysis, reaction time, and energy analysis. The result of ERP analysis show both subject class have difference in response time that indicated with P3 peak time. On average, response time in female (kongruent = 623,34 ms; inkongruent = 645,18 ms ; neutral = 614,91 ms) subject class is faster than male (kongruent = 709,67 ms; inkongruent = 745,00 ms; neutral = 715,37 ms) subject class. Energy analysis show when numerical stroop task takes place, left side of the brain (51,36%) and central side of the brain (50,65%) more dominant than others parts of the brain.

Keywords— EEG, ERP, Stroop Task, Numerical Stroop Task

1. PENDAHULUAN

Sebagai pusat sistem saraf manusia, otak berfungsi mengatur sebagian besar aktivitas organ tubuh manusia. Aktivitas dari otak ini menghasilkan sinyal listrik dengan tegangan yang cukup rendah. Untuk mengukur dan merekam aktivitas sinyal listrik tersebut digunakan alat bernama *Electroencephalogram* (EEG). Perangkat EEG memiliki keunggulan yaitu memiliki resolusi temporal yang lebih baik dibandingkan menggunakan *functional Magnetic Resonance Imaging* (fMRI) [1].

Perkembangan EEG berawal dari penelitian Richard Caton pada tahun 1875 yang berhasil mendeteksi adanya aktivitas otak dalam bentuk sinyal listrik. Penggunaan EEG selanjutnya semakin berkembang dengan ditemukannya ritme gelombang otak pada manusia oleh Hans Berger pada tahun 1929 [2]. Sinyal EEG dapat dimanfaatkan untuk menganalisis kejadian yang terjadi dalam tubuh baik yang disengaja maupun tidak disengaja. Sinyal EEG yang dihasilkan otak memiliki rentang frekuensi beragam. Ragam dari frekuensi ini menunjukkan proses tertentu yang terjadi pada otak manusia [3,4,5].

Kognitif meliputi kemampuan dalam memperoleh, memproses, dan memahami informasi. Salah satu penelitian yang mencakup bidang kognitif adalah penelitian yang dilakukan oleh John Ridley Stroop pada tahun 1935. Stroop melakukan penelitian mengenai pengaruh interferensi terhadap reaksi verbal dalam proses penamaan warna. Dari penelitian ini ditemukan bahwa subjek membutuhkan waktu tanggap lebih lama ketika terjadi interferensi dibandingkan ketika interverensi tidak terjadi. Efek ini disebut juga dengan istilah stroop effect [6].

Perbedaan waktu tanggap yang disebabkan oleh *stroop effect* ini ternyata memiliki pengaruh terhadap pola sinyal EEG yang terbentuk. Perbedaan pola sinyal ini dimaati melalui *Event Related Potential* (ERP) yang terdeteksi. Sinyal ERP yang muncul diasosiasikan sebagai tanggap otak terhadap rangsangan tertentu [2]. Pengukuran menggunakan EEG saat terjadinya stroop effect menunjukkan adanya peningkatan aktifitas otak pada bagian *frontal* dan *central Anterior Cingular Cortex* (ACC) dan *Posterior Cingular Cortex* (PCC) [7,8].

Adanya interferensi pada kegiatan menerima dan menanggapi rangsangan dapat mempengaruhi tingkat kemampuan kognitif seseorang. Banyak faktor yang mempengaruhi kemampuan kognitif seseorang, salah satunya adalah jenis kelamin. Studi tentang kecepatan pemrosesan menunjukkan adanya perbedaan kemampuan kognitif antara laki-laki dan perempuan [9,10,11]. Perempuan memiliki keunggulan dalam kegiatan yang melibatkan angka dan huruf, sedangkan laki-laki lebih unggul dari segi yang menggunakan aktivitas motorik. Dengan adanya perbedaan kemampuan kognitif antara laki-laki dan perempuan, adanya kemungkinan mempengaruhi performa saat melakukan stroop task yang mana secara langsung akan mempengaruhi pola sinyal EEG yang terbentuk.

2. METODE PENELITIAN

2.1 Akusisi Data

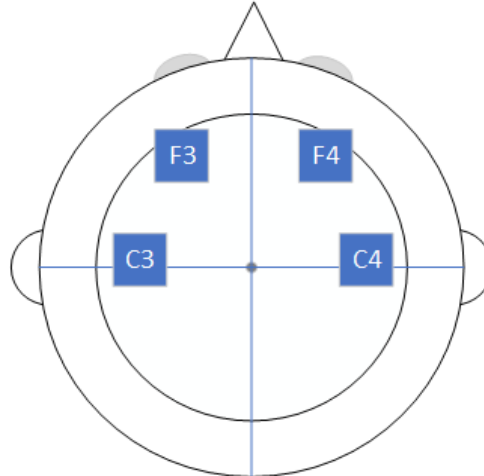
2.1.1 Perangkat Akusisi Data

Perangkat yang digunakan dalam proses akusisi data adalah perangkat Ganglion Board yang dikeluarkan oleh OpenBCI. Perangkat Ganglion Board menyediakan enam kanal elektroda dengan dua kanal sebagai referensi dan empat kanal aktif untuk perekaman sinyal EEG. Frekuensi cuplik yang digunakan oleh piranti adalah 200 Hz.

2.1.2 Penempatan Elektroda

Penempatan kanal elektroda yang digunakan mengikuti aturan sistem internasional 10-

20. Penempatan elektroda dengan sistem internasional 10-20 menawarkan cakupan spasial yang cocok untuk berbagai macam aplikasi [12]. Empat buah kanal elektroda yang digunakan akan diletakkan pada posisi F3, F4, C3 dan C4. Dari penelitian yang telah dilakukan sebelumnya menunjukkan adanya peningkatan aktivitas pada saat terjadinya stroop effect pada kanal tersebut [7]. Untuk dua kanal referensi akan diletakkan pada kedua daun telinga subjek. Posisi peletakan kanal elektroda ditunjukkan pada Gambar 1.



Gambar 1 Posisi penempatan elektroda

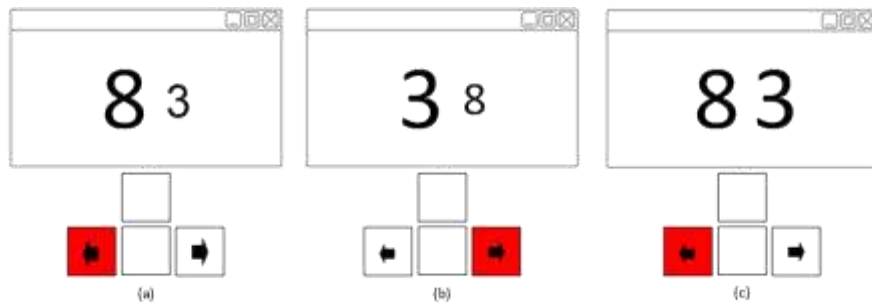
2.1.3 Uji Numerical Stroop Task

Proses uji numerical stroop task yang dilakukan terdiri dari 3 sesi yang mana tiap sesi terdiri dari 15 stimulus. Stimulus ditampilkan pada layar LCD berukuran 32 inchi. Tiap stimulus ditampilkan selama 2 detik dengan terdapat jeda selama 2 detik saat pergantian antar stimulus.

Stimulus pada penelitian ini berupa dua buah angka yang ditampilkan pada tengah layar. Stimulus terbagi menjadi 3 macam kondisi yaitu kondisi netral dengan tingkat interferensi rendah, kondisi kongruen dengan tingkat interferensi sedang dan kondisi inkongruen dengan tingkat interferensi paling tinggi. Interferensi atau gangguan yang diberikan berupa perbedaan korelasi antara nominal angka dengan ukuran fisik angka saat stimulus ditampilkan.

Untuk kondisi kongruen, angka dengan nominal lebih besar akan ditampilkan dengan ukuran lebih besar, begitu juga sebaliknya. Saat kondisi inkongruen angka yang memiliki nominal lebih kecil akan ditampilkan dengan ukuran fisik lebih besar, begitu juga sebaliknya. Sedangkan pada kondisi netral, angka akan dicetak dengan ukuran fisik yang sama besar dengan nominal berbeda. Contoh kondisi saat uji *numerical stroop task* ditunjukkan pada Gambar 2. Warna latar untuk stimulus dipilih berwarna putih karena berdasarkan penelitian yang telah dilakukan, warna putih menghasilkan akurasi data yang lebih tinggi dibandingkan dengan latar belakang berwarna lain [3].

Selama proses uji numerical stroop task berlangsung, subjek diminta untuk memilih angka dengan nominal terbesar dari stimulus yang ditampilkan di layar dengan mengabaikan ukuran fisik angka tersebut. Proses pemilihan dilakukan dengan cara menekan tombol navigasi kiri atau kanan pada keyboard yang telah disediakan. Ilustrasi dari pemilihan nominal angka ditunjukkan oleh gambar 2. Proses ini bertujuan untuk mengamati waktu tanggap subjek pada tiap kondisi. Waktu tanggap subjek dihitung saat stimulus ditampilkan sampai tombol navigasi keyboard ditekan.



Gambar 2 Ilustrasi uji numerical stroop task. Kondisi (a) kongruen, (b) inkongruen, dan (c) netral. Warna merah menunjukkan tombol yang ditekan.

2.1.4 Subjek Perekaman Data

Data sinyal EEG yang digunakan diambil dari delapan orang subjek yang terdiri dari empat subjek laki-laki dan empat subjek perempuan. Subjek dipilih pada rentang usia antara 20-25 tahun, tidak buta angka dan huruf, dan memiliki penglihatan normal atau terkoreksi.

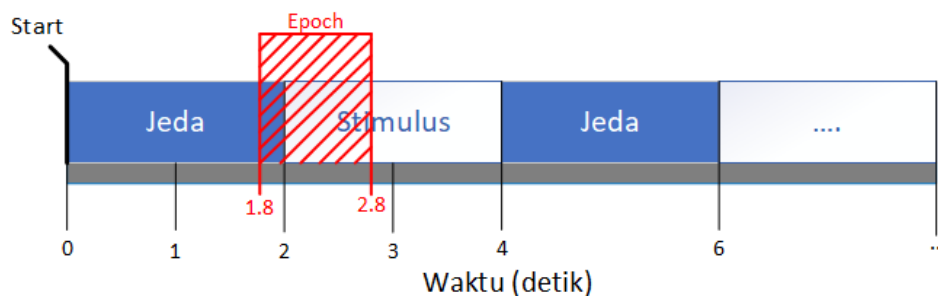
Pada saat perekaman data, subjek diinstruksikan untuk tidak melakukan gerakan yang tidak berkaitan dengan proses uji numerical stroop task. Hal ini bertujuan untuk mengurangi derau yang dihasilkan. Proses perekaman data ditunjukkan pada Gambar 3.



Gambar 3 Proses uji numerical stroop task

2.2 Pra-pengolahan

Data yang diperoleh dari proses akusisi data masih berupa data mentah dan masih terdapat derau. Data mentah dari hasil proses perekaman data kemudian dilakukan proses penapisan dengan frekuensi pita lolos 0,5–5 Hz. Data yang telah ditapis kemudian akan dilakukan proses segmentasi menjadi epoch sepanjang 1 detik yang mana terdiri dari 200 ms sebelum stimulus sampai 800ms setelah stimulus. Proses pemotongan data *epoch* ditunjukkan pada Gambar 4. Data *epoch* selanjutnya dikelompokkan berdasarkan kondisinya yaitu kongruen, inkongruen, dan netral.



Gambar 4 Diagram pewaktuan pembuatan epoch

2.3 Analisis dan Rancangan Sistem

Analisis data meliputi analisis pada ranah waktu yaitu analisis *Event Related Potential* (ERP), analisis waktu tanggap dan analisis energi.

2.2.1 Analisis ERP

Analisis ERP dilakukan pada data epoch yang telah ditapis dengan frekuensi pita lolos 0,5–5 Hz. Analisis ERP bertujuan untuk mengamati komponen ERP P3 yang terbentuk saat terjadinya *stroop effect*. Analisis ERP bertujuan untuk mengamati waktu terbentuknya komponen ERP P3 saat terjadinya *stroop effect*. Data dari tiap subjek yang telah dilakukan proses pengelompokkan kemudian dilakukan perhitungan rerata untuk tiap kelas subjek pada masing-masing kanal. Pengaruh dari tiap kondisi diamati dan dilakukan perbandingan waktu terbentuknya puncak P3 pada tiap komponen.

2.2.2 Analisis Waktu Tanggap

Selisih waktu antara *input* subjek sesaat setelah stimulus tampil digunakan sebagai acuan waktu tanggap subjek. Perhitungan waktu tanggap subjek dilakukan menggunakan persamaan (1), dimana t_r merupakan waktu yang dibutuhkan oleh subjek untuk menanggapi stimulus, t_i menunjukkan waktu dimana subjek memilih jawaban dan t_j menunjukkan waktu dimana stimulus muncul. Rerata waktu tanggap subjek pada tiap kondisi diamati dan dibandingkan.

$$t_r = t_i - t_j \quad (1)$$

2.2.3 Analisis Energi

Hasil perhitungan energy dari tiap kanal dari tiap subjek akan dibandingkan. Perbandingan dilakukan untuk melihat energi yang dihasilkan tiap kanal. Perhitungan energi sinyal ERP dimulai dari 0 ms hingga 800 ms. Selain itu dilakukan proses perbandingan untuk mengetahui bagian kepala yang aktif saat proses uji *numerical stroop task*.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1 Data Subjek Penelitian

Penelitian ini dilakukan kepada 8 orang subjek yang terdiri dari 4 orang laki-laki (L) dan 4 orang perempuan (P) dengan rentang usia 20–25 tahun. Subjek yang dipilih memiliki penglihatan normal atau terkoreksi dan tidak buta huruf dan angka. Data subjek ditunjukkan pada Tabel 1.

Tabel 1 Data subjek penelitian

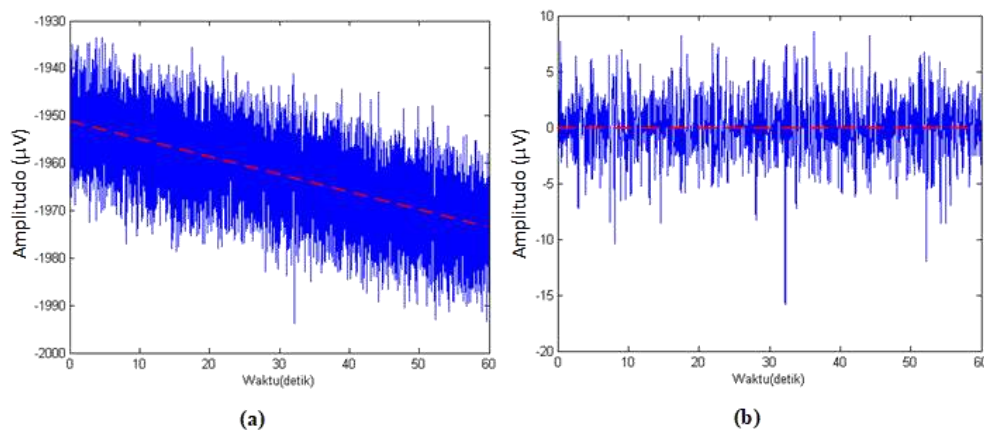
No	Kode Subjek	Usia	Jenis Kelamin	Tangan Dominan
1	S-1	22	L	Kanan
2	S-2	23	L	Kanan
3	S-3	22	L	Kanan
4	S-4	22	L	Kanan
5	S-5	24	P	Kanan
6	S-6	23	P	Kanan
7	S-7	23	P	Kanan
8	S-8	24	P	Kanan

3.2 Hasil Pra Pengolahan

Tahapan pra pengolahan yang terdiri dari proses penapisan dan segmentasi sinyal EEG. Proses penapisan dilakukan dengan menggunakan tapis digital butterworth orde 2 untuk frekuensi pita lolos 0,5–5 Hz. Fungsi alih dari tapis yang digunakan ditunjukkan oleh persamaan (2). Tapis ini dilakukan untuk mereduksi sinyal lainnya dan memperjelas sinyal ERP yang ingin diamati.

$$H(z) = \frac{Y(z)}{X(z)} = \frac{0,00454 - 0,00907z^{-2} + 0,00454z^{-4}}{1 - 3,79595z^{-1} + 5,41114z^{-2} - 3,43398z^{-3} + 0,81879z^{-4}} \quad (2)$$

Hasil perbandingan data sinyal EEG pada sebelum dan sesudah penapisan ditunjukkan pada Gambar 5(a). Dari gambar tersebut, mulanya sinyal mentah EEG mengandung banyak derau dan mengalami drift. Drift yang terjadi dapat disebabkan oleh beberapa hal seperti hidrasi kulit kepala, muatan listrik statis dan potensial pada kulit kepala. Proses penapisan sinyal selain mengurangi derau juga menghilangkan drift. Tampak hasil proses penapisan tidak mengalami drift Gambar 5(b). Proses penapisan menggunakan tapis lolos tinggi dengan pita lolos diatas 0,1 Hz dapat menghilangkan drift yang terjadi [13].



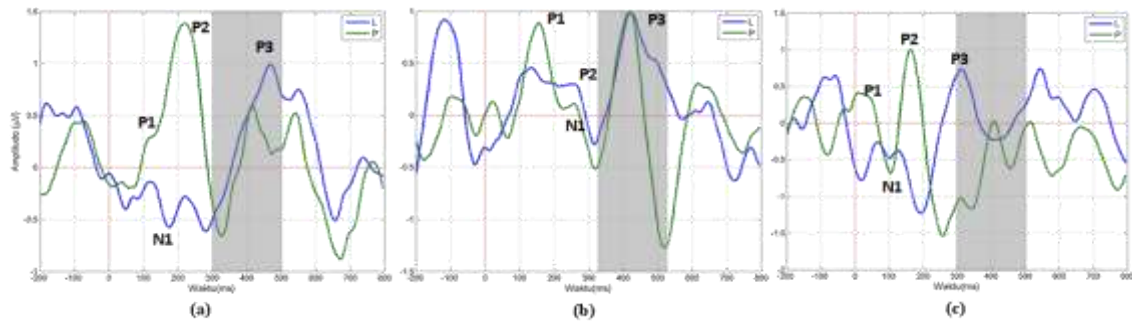
Gambar 5 Hasil proses pra pengolahan, (a) sinyal mentah, (b) sinyal hasil penapisan dengan pita lolos 0,5–5 Hz

Setelah proses penapisan, dilakukan operasi segmentasi data menjadi epoch berukuran 1 detik yang mana terdiri dari 200 ms sebelum stimulus dan 800 ms sesudah stimulus. Pembuatan epoch ini bertujuan untuk mempermudah analisis ERP yang terbentuk saat terjadinya stroop effect.

3.3 Hasil Analisis ERP

Sinyal ERP diamati pada epoch dengan frekuensi rendah yaitu pada rentang frekuensi 0.5–5 Hz. Analisis ini bertujuan untuk mengamati waktu latensi dan komponen – komponen ERP yang muncul saat uji numerical stroop task.

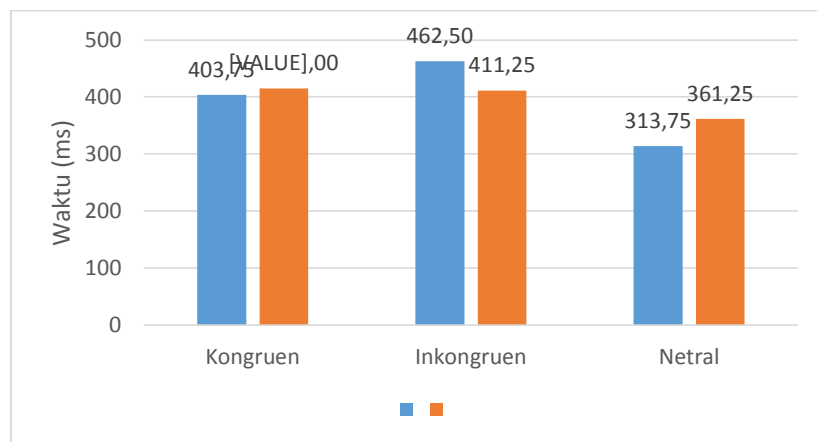
Pada saat uji numerical stroop task, terdapat 3 macam kondisi yaitu kondisi kongruen, inkongruen dan netral. Tiap kondisi memiliki perbedaan pada tingkat interferensi yang diberikan. Interferensi atau gangguan yang diberikan berupa perbedaan korelasi antara nominal angka dengan ukuran fisik angka saat stimulus ditampilkan. Sinyal ERP yang diperoleh dari tiap kondisi ditunjukkan pada Gambar 6.



Gambar 6 Sinyal ERP Pada kondisi : (a) kongruen, (b) inkongruen, (c) netral.

Dari 3 macam kondisi yang ditampilkan saat proses uji numerical stroop task, dilakukan perbandingan waktu kemunculan komponen ERP P3 antar kelas subjek. Hasil perbandingan ditunjukkan oleh grafik pada Gambar 7. Untuk kelas subjek laki-laki, waktu puncak komponen P3 tercepat muncul pada kondisi netral (311,25 ms), urutan kedua pada kondisi kongruen (403,75 ms) dan waktu puncak terlama muncul pada kondisi inkongruen (462,50 ms). Sedangkan untuk kelas subjek perempuan waktu puncak P3 tercepat ditunjukkan pada kondisi netral (361,25 ms), selanjutnya pada kondisi inkongruen (411,25 ms) dan waktu puncak paling lama ditunjukkan pada kondisi netral (415,00 ms).

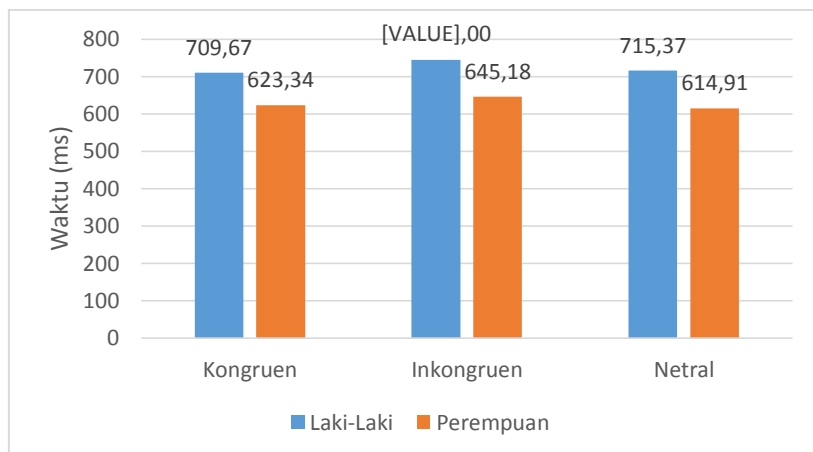
Hasil perbandingan memperlihatkan adanya perbedaan tanggapan otak antara dua kelas subjek yang ditunjukkan dengan komponen P3. Pada kondisi kongruen, selisih waktu P3 antar subjek tidak terlalu signifikan (11,25 ms) jika dibandingkan kondisi inkongruen (51,25 ms) dan netral (96,25 ms).



Gambar 7 Perbandingan waktu puncak komponen P3 antar subjek pada tiap kondisi

3.4 Analisis Waktu Tanggap

Analisis waktu tanggap dilakukan untuk melihat pengaruh dari interferensi yang diberikan terhadap tanggap subjek saat menjalani uji numerical stroop task. Data waktu tanggap didapatkan dengan cara seperti yang ditunjukkan pada persamaan (1). Dari hasil proses akuisisi data, waktu tanggap dua kelas subjek ditunjukkan pada Gambar 8.



Gambar 8 Rerata dari waktu tanggap duak kelas subjek pada tiap kondisi

Grafik yang ditunjukkan oleh Gambar 8 menunjukkan rerata keseluruhan waktu tanggap dari dua kelas subjek pada tiap kondisi. Secara kuantitatif, subjek kelas perempuan memiliki waktu tanggap lebih cepat pada tiap kondisi dibandingkan subjek kelas laki-laki.

Untuk kelas subjek laki-laki, dari tiga macam kondisi, waktu tanggap tercepat ditunjukkan pada kondisi kongruen (709,67 ms). Berbeda dengan kelas subjek laki-laki, waktu tanggap tercepat pada kelas subjek perempuan ditunjukkan pada kondisi netral (614,91 ms). Untuk waktu tanggap terlama kedua kelas subjek menunjukkan kesamaan yaitu pada kondisi inkongruen (laki-laki = 745,00 ms; perempuan = 645,18 ms).

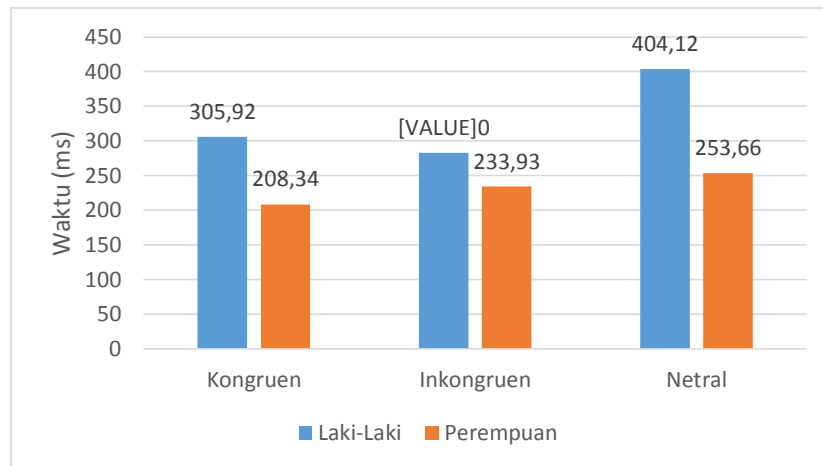
Hal ini menunjukkan adanya interferensi pada proses uji numerical stroop task memiliki pengaruh terhadap waktu tanggap subjek. Kondisi inkongruen yang memiliki tingkat interferensi paling tinggi memiliki waktu tanggap lebih lama untuk kedua kelas subjek dibandingkan kondisi lainnya.

3.5 Analisis Selisih Antara Waktu Puncak Komponen P3 dengan Waktu Tanggap

Komponen P3 termasuk dalam kategori komponen endogen yang artinya komponen ini menunjukkan proses yang berkaitan dengan kegiatan kognitif [2,14]. Selisih dari waktu puncak komponen P3 dengan waktu tanggap subjek menunjukkan waktu yang dibutuhkan oleh subjek dari mulai memproses stimulus hingga menanggapi stimulus. Perhitungan waktu selisih menggunakan persamaan (3), dengan Δt menunjukkan selisih waktu, t_r menunjukkan waktu respon subjek dan t_{P3} menunjukkan waktu kemunculan P3.

$$\Delta t = t_r - t_{P3} \quad (3)$$

Grafik yang ditunjukkan oleh Gambar 9 menunjukkan selisih antara waktu puncak komponen P3 dengan waktu tanggap dari tiap kondisi. Dari hasil yang ditunjukkan pada Gambar 9, untuk kelas subjek laki-laki (Standar deviasi = 64,53) nilai selisih untuk tiap kondisinya lebih bervariasi dibandingkan dengan kelas subjek perempuan (Standar deviasi = 22,72) jika dilihat dari nilai standar deviasinya. Secara keseluruhan, kelas subjek perempuan memiliki selisih waktu yang lebih singkat dibandingkan kelas subjek laki-laki. Hal ini berkaitan dengan penelitian lainnya yang menunjukkan kelas subjek perempuan memiliki waktu pemrosesan lebih cepat pada kegiatan yang berkaitan dengan numerik dan linguistik [9,10,11].



Gambar 9 Grafik selisih waktu tanggap tiap kondisi dengan waktu puncak komponen P3

3.6 Analisis Energi ERP

Analisis energi digunakan untuk mengamati bagian otak yang dominan bekerja pada saat numerical stroop task berlangsung. Energi yang dihasilkan pada tiap kanal subjek kemudian dilakukan perbandingan. Perbandingan yang dilakukan berupa perbandingan antara kanal yang terdapat pada bilah kiri (F3 dan C3) dengan kanal yang terdapat pada bilah kanan (F4 dan C4) dan perbandingan antara kanal yang terdapat pada bagian frontal (F3 dan F4) dengan kanal yang terdapat pada bagian central (C3 dan C4). Perhitungan nilai energi dilakukan menggunakan persamaan (4), dengan a sebagai indeks data ERP pada 0 ms, dan b sebagai indeks data ERP pada 800 ms.

$$E = \sum_{n=a}^b |x(n)|^2 \quad (4)$$

Tabel 2 Perbandingan Energi Sinyal Antara Bagian Kiri dan Kanan

Subjek	Kongruen		Inkongruen		Netral	
	Kiri	Kanan	Kiri	Kanan	Kiri	Kanan
Laki-laki	335,46	402,11	326,17	253,97	394,86	450,93
Perempuan	452,89	287,14	342,89	259,03	492,51	587,02
Rerata	394,17	344,63	334,53	256,50	443,69	518,98
Rerata Energi Bagian Kiri			Rerata Energi Bagian Kanan			
390,80 (51,36%)			370,13 (48,64%)			

Tabel 3 Perbandingan Energi Sinyal Antara Bagian *frontal* dan *central*

Subjek	Kongruen		Inkongruen		Netral	
	Frontal	Central	Frontal	Central	Frontal	Central
Laki-laki	345,21	392,37	239,99	340,15	385,70	460,10
Perempuan	534,73	340,74	318,77	283,15	499,66	587,22
Rerata	439,97	366,55	279,38	311,65	442,68	523,66
Rerata Energi Bagian Frontal			Rerata Energi Bagian Central			
387,34 (49,35%)			397,59 (50,65%)			

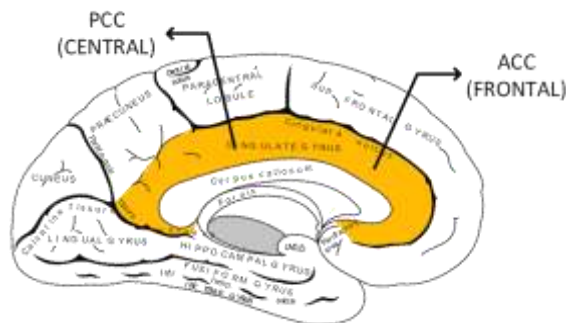
Hasil perbandingan antara energi yang terdapat pada bilah kiri dan bilah kanan pada

Tabel 2, menunjukkan bahwa pada saat proses uji numerical stroop task bagian otak kiri berperan lebih aktif (51,36%) dibandingkan otak bagian kanan (48,64%). Sedangkan untuk

perbandingan energi antara bagian frontal dan central pada Tabel 3 menunjukkan bagian central (50,65%) lebih aktif dibandingkan bagian frontal (49,35%).

Hal ini menunjukkan bahwa proses yang berkaitan dengan numerik terjadi pada bagian otak sebelah kiri. Selain itu dalam proses kegiatan menanggapi stimulus saat uji numerical stroop task, semua subjek menggunakan tangan dominan mereka yaitu tangan kanan. Seperti yang dikutip dari penelitian [15], bagian otak kiri selain memproses hal-hal yang berkaitan dengan numerik dan linguistik, bagian otak kiri juga berfungsi sebagai pengatur kerja bagian kanan pada tubuh manusia. Proses inilah yang menyebabkan adanya peningkatan aktivitas pada bagian otak sebelah kiri.

Penelitian sebelumnya [7] menunjukkan bahwa pada saat stroop effect terjadi, terdapat dua bagian otak yang berpengaruh terhadap proses ini yaitu bagian Anterior Cingular Cortex (ACC) dan Posterior Cingular Cortex (PCC). Bagian PCC bertanggung jawab untuk proses evaluasi stimulus, sedangkan bagian ACC bertanggung jawab dalam proses evaluasi proses menanggapi rangsangan. Dari hasil perbandingan yang diperoleh pada Tabel 3 menunjukkan bagian central yang memiliki pengaruh energi lebih besar (50,65%), namun jika dibandingkan dengan kondisi frontal (49,35%), selisih besarnya antara energi pada kedua bagian ini tidak terlalu besar, hal ini sesuai dengan pernyataan Beldzik et al., yaitu bagian ACC dan PCC memiliki pengaruh pada saat terjadinya stroop effect. Lokasi PCC dan ACC pada otak ditunjukkan oleh Gambar 10.



Gambar 10 Lokasi PCC dan ACC pada otak manusia

4. KESIMPULAN

Kesimpulan dari penelitian ini adalah interferensi stimulus mempengaruhi waktu tanggap saat proses kognitif. Tingkatan dari interferensi juga memiliki pengaruh terhadap waktu tanggap. Semakin tinggi tingkat interferensinya, semakin lama juga waktu yang dibutuhkan untuk menanggapi stimulus yang diberikan. Selain itu hasil dari analisis P3 menunjukkan waktu yang dibutuhkan untuk menanggapi stimulus antara kelas subjek laki-laki dan kelas subjek perempuan memiliki perbedaan. Secara keseluruhan, kelas subjek perempuan (kongruen = 623,34 ms; inkongruen = 645,18 ms ; netral = 614,91 ms) memiliki waktu tanggap yang lebih cepat dibandingkan kelas subjek laki-laki (kongruen = 623,34 ms; inkongruen = 645,18 ms ; netral = 614,91 ms). Selain itu waktu yang dibutuhkan untuk melakukan pemrosesan terhadap stimulus yang diberikan saat melakukan uji *numerical stroop task* menunjukkan kelas subjek perempuan memiliki keunggulan dalam melakukan kegiatan yang berkaitan dengan numerik. Analisis energi sinyal ERP menunjukkan pada saat menjalankan uji *numerical stroop task*, bagian otak yang bekerja dominan ditunjukkan pada bagian otak sebelah kiri (51,36%) dan bagian otak sentral (50,65%).

5. SARAN

Dari hasil penelitian yang telah dilakukan, didapatkan beberapa saran yang dapat menjadi pertimbangan untuk penelitian selanjutnya atau penelitian yang berkaitan dengan tema

ini. Beberapa saran tersebut adalah perlu adanya proses penghilangan artifak pada sinyal dengan metode berbeda. Selain itu proses analisis tidak hanya dilakukan pada sinyal ERP saja seperti pada sinyal *Slow Cortical Potential* (SCP) dan sinyal *Laterized Readiness Potential* (LRP). Pemilihan titik penempatan kanal elektroda juga dapat dipertimbangkan selain pada titik *Frontal* dan *Central*.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] A. F. Jadidi, B. S. Zargar, and M. H. Moradi, "Categorizing visual objects; Using ERP components," *2016 23rd Iran. Conf. Biomed. Eng. 2016 1st Int. Iran. Conf. Biomed. Eng. ICBME 2016*, no. November, pp. 23–25, 2017.
- [2] S. Sanei and J. A. Chambers, *EEG Signal Processing*, vol. 1. West Sussex: John Wiley & Sons, Ltd, 2007.
- [3] C. Atmaji and Z. Y. Perwira, "Pengaruh Latar Belakang Warna pada Objek Gambar terhadap Hasil Ekstraksi Sinyal EEG," *Indones. J. Electron. Instrum. Syst.*, vol. 7, no. 2, pp. 161–172, 2017 [Online]. Available: <https://jurnal.ugm.ac.id/ijeis/article/view/22893>
- [4] M. E. Alam and B. Samanta, "Empirical Mode Decomposition of Eeg Signals for Synchronisation," *Proc. SoutheastCon 2017*, pp. 1–2, 2017 [Online]. Available: <http://ieeexplore.ieee.org/document/7925341/>
- [5] A. Y. Tychkov *et al.*, "EEG Analysis Based on the Empirical Mode Decomposition for Detection of Mental Activity," *2017 IVth Int. Conf. Eng. Telecommun.*, no. 17, pp. 130–134, 2017 [Online]. Available: <http://ieeexplore.ieee.org/document/8241271/>
- [6] S. Kaneta, I. Wakabayashi, and T. Kawahara, "Feasibility of BMI improvement applying a Stroop effect," *2016 18th Int. Conf. Adv. Commun. Technol.*, pp. 681–684, 2016 [Online]. Available: <http://ieeexplore.ieee.org/document/7423518/>
- [7] E. Beldzik, A. Domagalik, W. Froncisz, and T. Marek, "Dissociating EEG sources linked to stimulus and response evaluation in numerical Stroop task using Independent Component Analysis," *Clin. Neurophysiol.*, vol. 126, no. 5, pp. 914–926, 2015 [Online]. Available: <http://dx.doi.org/10.1016/j.clinph.2014.08.009>
- [8] A. Chuderski, M. Senderecka, P. Kalamala, B. Krocze, and M. Ociepa, "ERP correlates of the conflict level in the multi-response Stroop task," *Brain Res.*, vol. 1650, pp. 93–102, 2016 [Online]. Available: <https://doi.org/10.1016/j.brainres.2016.08.041>
- [9] E. Roivainen, "Gender differences in processing speed: A review of recent research," *Learn. Individ. Differ.*, vol. 21, no. 2, pp. 145–149, 2011 [Online]. Available: <http://dx.doi.org/10.1016/j.lindif.2010.11.021>
- [10] N. Ueda, K. Watanabe, and K. Tanaka, "Gender differences in visuomotor sequence learning," *2016 8th Int. Conf. Knowl. Smart Technol. KST 2016*, pp. 271–274, 2016 [Online]. Available: <http://ieeexplore.ieee.org/xpls/icp.jsp?arnumber=7440507>
- [11] M. Bilalpur, S. M. Kia, T.-S. Chua, and R. Subramanian, "Discovering Gender Differences in Facial Emotion Recognition via Implicit Behavioral Cues," *Proc. Seventh Int. Conf. Affect. Comput. Intell. Interact.*, pp. 119–124, 2017 [Online]. Available: <http://arxiv.org/abs/1708.08729>
- [12] S. Bulárka and A. Gontean, "Brain-Computer Interface Review," *2016 12th IEEE Int. Symp. Electron. Telecommun.*, 2016 [Online]. Available: <http://ieeexplore.ieee.org/document/7781096/>

- [13] S. J. Luck, *An Introduction to the Event-Related Potential Technique*, Second Edi. The MIT Press, 2014.
- [14] A. Arasteh, M. H. Moradi, and A. Janghorbani, "A Novel Method Based on Empirical Mode Decomposition for P300-Based Detection of Deception," *IEEE Trans. Inf. Forensics Secur.*, vol. 11, no. 11, pp. 2584–2593, 2016.
- [15] M. C. Corballis, "Left Brain, Right Brain: Facts and Fantasies," *PLoS Biol.*, vol. 12, no. 1, 2014 [Online]. Available: <https://doi.org/10.1371/journal.pbio.1001767>